

特開平9-27639

(43) 公開日 平成9年(1997)1月28日

(51) Int.Cl.*	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 33/00			H 0 1 L 33/00	C
H 0 1 S 3/18			H 0 1 S 3/18	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

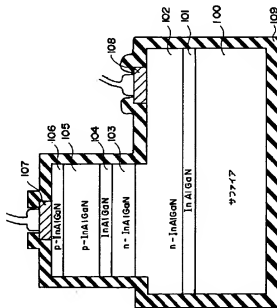
(21) 出願番号	特願平7-176033	(71) 出願人	00003078 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(22) 出願日	平成7年(1995)7月12日	(72) 発明者	新田 康一 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会 社東芝堀川町工場内
		(72) 発明者	藤本 英俊 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株 式会社東芝研究開発センター内
		(72) 発明者	石川 正行 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会 社東芝堀川町工場内
		(74) 代理人	弁理士 鈴木 武彦

(54) 【発明の名称】 半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 アモルファス状態のバッファ層等を通して水分が浸入するのを防止でき、長期信頼性のある発光ダイオードを提供する。

【解決手段】 発光ダイオードにおいて、サファイア基板100上にInAlGaN系材料からなる、バッファ層101、n型コンタクト層102、n型クラッド層103、活性層104、p型クラッド層105、p型コンタクト層106が順に成長形成され、p型コンタクト層106上にp型電極107が形成され、n型コンタクト層102上にn型電極108が形成され、p型電極107とn型電極108の一部を除く全体に絶縁膜109が形成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】絶縁性基板上にバッファ層を介して半導体層が積層形成された半導体装置であって、少なくとも前記バッファ層の端面に保護膜を形成してなることを特徴とする半導体装置。

【請求項2】絶縁性基板と、この基板上に形成されたバッファ層と、このバッファ層上に複数の半導体層を積層して形成され、内部にp-n接合を有する半導体積層部と、この半導体積層部の所定の半導体層に接して形成された電極と、少なくとも前記バッファ層の端面に形成された保護膜とを具備してなることを特徴とする半導体装置。

【請求項3】前記半導体層は、 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x, y \leq 1$) 材料からなることを特徴とする請求項1記載の半導体装置。

【請求項4】前記保護膜は、絶縁性の材料からなることを特徴とする請求項1記載の半導体装置。

【請求項5】前記保護膜は、金属材料からなり、反射膜として機能することを特徴とする請求項1記載の半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、絶縁性基板上に半導体結晶層を積層して構成される半導体装置に係わり、特に絶縁性基板と半導体結晶層との間にバッファ層を設けた半導体装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、青色LED（発光ダイオード）や青色LD（レーザーダイオード）等の青色発光素子の材料として、 GaN 、 InGaN 、 GaAlN 等の窒化ガリウム系化合物半導体が注目されている。

【0003】窒化ガリウム系化合物半導体からなる青色LEDは、例えば特開平6-177434号公報や特開平6-314822号公報にあるように、電極を除くn型及びp型窒化ガリウム系化合物半導体層上に絶縁性保護膜を形成し、表面電極間のショートを防止している。

【0004】しかしながら、表面上に絶縁保護膜を形成した構造においても、高温放置、高温多湿放置等の放置試験を行ったところ、素子の特性が劣化し、表面電極が剥がれる問題が発生した。

【0005】また、窒化ガリウム系化合物半導体からなる青色LEDでは、透光性基板としてサファイア基板を用いた表面コンタクト構造が知られているが、この構造においては、活性層で電流が広がらず発光が上部電極下に集中し、高輝度発光が実現できない。この問題を解決するため、上部の電極を透光性にする構造（特開平6-314822号公報）やp-n接合面を下部にして透光性基板から光出力を取り出す構造（特開平6-314825号公報）も提案されている。

【0006】しかしながら、透光性電極においては、電

流を均一に流すため、オーミック性となる厚さが必要であり、このような厚さでは必ずしも十分な透光性がなく、さらにボンディングパッド部分は、ボンディングの密着性からさらに膜厚を厚くするため光は透過できない欠点がある。一方、下部p-n両電極構造においても、高輝度化は実現できるものの表面コンタクト構造であるため、電流が均一に広がらず、素子抵抗が増大する欠点を有していた。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】このように従来、窒化ガリウム系化合物半導体からなる青色LEDにおいては、表面上に絶縁保護膜を形成した構造においても、高温放置、高温多湿放置を行うと、素子特性の劣化や透明電極の剥がれの問題を招いた。この点について本発明者が鋭意研究及び各種実験を繰り返したところ、アモルファス状態のバッファ層を通して内部に水分が浸入するためと推定された。

【0008】本発明は、上記事情を考慮してなされたもので、その目的とするところは、アモルファス状態のバッファ層を通して水分が浸入するのを防止でき、長期信頼性のある半導体装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】

（概要）上記課題を解決するため本発明は、次のような構成を採用している。即ち本発明は、絶縁性基板上にバッファ層を介して半導体層が積層形成された半導体装置において、少なくとも前記バッファ層の端面に保護膜を形成してなることを特徴とする。

【0010】また本発明は、発光ダイオード等の半導体発光装置において、絶縁性基板と、この基板上に形成されたバッファ層と、このバッファ層上に複数の半導体層を積層して形成され、内部にp-n接合を有する半導体積層部と、この半導体積層部の所定の半導体層に接して形成された電極と、少なくとも前記バッファ層の端面に形成された保護膜とを具備してなることを特徴とする。

【0011】ここで、本発明の望ましい実施態様としては、次のものがあげられる。

- (1) 半導体層は、 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x, y \leq 1$) 材料からなること。
- (2) 保護膜は、絶縁性の材料からなること。
- (3) 保護膜は、金属材料からなり、反射膜として機能すること。

（作用）本発明によれば、バッファ層の端面に保護膜を形成しているため、バッファ層を通しての水分の浸入を防止でき、これにより経時変化の少ない長期信頼性に優れた半導体装置を実現することが可能となる。さらに、電極の一部を保護することにより、電極界面からの水分の浸入も防止することが可能となる。

【0012】また、基板を包む材で金属からなる反射膜を形成すれば、p-n接合での発光が損失を受けるこ

となく金で取り出せる。さらに、金膜を基板側に形成された半導体層のオーミック電極とすることにより、活性層で電流が十分広がり、高輝度化が実現できる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図示の実施形態によって説明する。

（実施形態1）図1は、本発明の第1の実施形態に係わる半導体発光素子を示す素子構造断面図である。

【0014】図中の100はサファイア基板であり、このサファイア基板100上に $\text{In}_{x2}\text{Al}_{1-y2}\text{Ga}_{1-x2-y2}\text{N}$ ($0 \leq x_2, y_2 \leq 1$) からなるバッファ層101が形成されている。そして、バッファ層101の上に順に、 $\text{In}_{x3}\text{Al}_{1-y3}\text{Ga}_{1-x3-y3}\text{N}$ からなるn型コンタクト層102、 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ からなるn型クラッド層103、 $\text{In}_{x1}\text{Al}_{1-y1}\text{Ga}_{1-x1-y1}\text{N}$ からなる活性層104、 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ からなるp型クラッド層105、 $\text{In}_{x3}\text{Al}_{1-y3}\text{Ga}_{1-x3-y3}\text{N}$ からなるp型コンタクト層106が成長形成されている。

【0015】また、p型コンタクト層106上にはp型電極107が形成され、n型コンタクト層102上にはn型電極108が形成されている。そして、p型電極107とn型電極108の一部を除く全体に、本実施形態の特徴である絶縁膜109が形成されている。

【0016】なお、製造方法としては、有機金属化学気相成長法(MOCVD法)を用い、バッファ層101からコンタクト層106までを連続的に成長した。その後、所定パターンマスクを用い、コンタクト層106からクラッド層103までをコンタクト層102が露出するまで選択エッチングした。そして、露出している各コンタクト層106、102に電極107、108を蒸着等により形成した。

【0017】本実施形態の発光素子においては、絶縁膜109が全体を包むように保護しているため、バッファ層101を通して浸入する水分等を抑えることができると共に、電極界面からの水分の浸入等も防止できる。このため、長期信頼性の向上をはかることができる。また、サージ耐圧は2倍以上に向上した。また、各層において、クラッド層103と105のバンドギャップが活性層104のそれよりも大きくなるように、組成比 x_1, y_1, x, y を設定することで活性層104での発光強度がさらに向上する。

【0018】なお、絶縁膜を作成する方法としては、真空蒸着法、イオンプレーティング法、スパッタリング法、ビーム法、熱CVD法、プラズマCVD法、光CVD法、レーザーCVD法、ECRCVD法等の真空作成方法や溶液中に浸す方法や静電蒸着方法がある。絶縁膜を保護する素子は単体でも複数でもよく、1回はいは複数回の絶縁膜形成プロセスから作成される。

【0019】絶縁膜の材料としては、導電性を示さない材料であればよく、例えば酸化物、窒化物、炭化物、フ

ッ化物、無機材料、有機材料等が用いられ、例えば GeO 、 ZnS 、 TiO_2 、 CeO_2 、 Ta_2O_5 、 ZrO_2 、 SiO 、 Y_2O_3 、 PbF_2 、 MgO 、 Al_2O_3 、 CeF_3 、 LaF_3 、 SiO_2 、 BaF_2 、 MgF_2 、 NaF 、 HfO_2 がある。

【0020】また、基板はサファイアに限るものではなく、絶縁性基板上にバッファ層を介してなる半導体層を有する構造であればよく、 ZnS 、 GaSe 、 SnO_2 、 CuAlSi_2 、 CuCl 、 CuAlSe_2 、 In_2O_3 、 ZnO 等の材料を用いても可能である。さらに、本実施形態では発光素子としたが、受光素子でも同様の効果があることは言うまでもない。

（実施形態2）図2は、本発明の第2の実施形態に係わる半導体発光素子を示す素子構造断面図である。図2中の200〜209は図1中の100〜109に対応している。

【0021】基本的には第1の実施形態と同様であるが、本実施形態では、絶縁膜209が全体ではなく、バッファ層201の端部近傍を包むように形成されている。この構造においても、素子劣化を抑えることができた。絶縁性基板であるサファイアとその上に成長する $\text{In}_{x1}\text{Al}_{1-y1}\text{Ga}_{1-x1-y1}\text{N}$ 層との格子不整合が大きいため、バッファ層201の一部はアモルファス状になり結晶性が悪く、容易に水分等を発光素子内に取り込む。このために高温多湿等の動作で急速劣化をしていたが、本実施形態の構造にすることで、劣化が抑えられ、長期信頼性が得られるようになった。

【0022】なお、絶縁膜の作成方法や絶縁膜の材料等は、第1の実施形態で説明したように適宜変更可能である。さらに、第1の実施形態と同様に各種の変形実施が可能である。

（実施形態3）図3は、本発明の第3の実施形態に係わる超高速素子HEMTを示す素子構造断面図である。

【0023】本実施形態では、サファイア基板301上に $\text{In}_{x2}\text{Al}_{1-y2}\text{Ga}_{1-x2-y2}\text{N}$ ($0 \leq x_2, y_2 \leq 1$) からなるバッファ層302が形成され、そのバッファ層302の上に順に、 $\text{In}_{x1}\text{Al}_{1-y1}\text{Ga}_{1-x1-y1}\text{N}$ ($0 \leq x_1, y_1 \leq 1$) からなるn型導電層303、 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x, y \leq 1$) からなるi型キャリア層304が成長形成されている。305、306及び307は、それぞれドレイン電極、ゲート電極及びソース電極となっている。絶縁膜308は、バッファ層302を包むように素子全体を保護する構造になっている。

【0024】この素子において、リーク電流成分は減少し、周波数特性が改善され、さらに信頼性が向上した。基板はサファイアに限定するものではなく、 ZnO 、 MgO 等の絶縁性基板でも同様の効果がある。

（実施形態4）図4は、本発明の第4の実施形態に係わるMESFETを示す素子構造断面図である。

【0025】本実施形態では、サファイア基板401上

5

に $In_x Al_{1-x} Ga_{1-x-y} N$ ($0 \leq x, y \leq 1$) からなるバッファ層402が形成され、そのバッファ層402の上に、 $In_x Al_y Ga_{1-x-y} N$ ($0 \leq x, y \leq 1$) からなるn型活性層403が形成されている。408はイオン注入などによって作成された高キャリア濃度層である。さらに、n型活性層403上に、ソース電極406、ゲート電極405、ドレイン電極404が形成され、素子を包むように絶縁膜407で保護されている。この絶縁膜407はバッファ層402を囲むだけでもよい。

【0026】このような構造にすることで、ノイズ成分が低減され、信頼性が向上した。なお、基板はサファイアに限定するものではなく、ZnO、MgO等の材料でもよい。

(実施形態5) 図5は、本発明の第5の実施形態に係わるSOI-MOSFETを示す素子構造断面図である。

【0027】本実施形態では、石英ガラス基板501上にアルファスSiからなるバッファ層502が形成され、そのバッファ層502の上にSiからなるn型半導体領域503とp型半導体領域504が形成され、p型半導体領域504上にゲート絶縁膜としてのSiO₂膜505を介してゲート電極507が形成されている。さらに、p型半導体領域504を挟んでn型半導体領域503上には、ソース電極508とドレイン電極506が形成され、これらの電極を除いて素子全体を包むように絶縁膜509が設けられている。この絶縁膜509は、バッファ層502を囲むだけでもよい。

【0028】このような構造にすることで、リーク電流が低減し、耐圧も向上し、さらに信頼性が向上した。なお、基板は石英ガラスに限定するものではなく、ZnO、MgO、サファイア等の材料でもよい。さらに、絶縁性基板上の半導体層は、IV族、V族或いはIII-V族の半導体に限定することなく、要するにアルファス状のバッファ層上に形成できる材料であれば、III-V族半導体やI-III-VI族半導体であっても同じ効果がある。

(実施形態6) 図6は、本発明の第6の実施形態に係わる半導体素子の製造方法を示す工程断面図である。

【0029】まず、図6(a)に示すように、電極部分をカバーした半導体素子を作成し、さらに図6(b)に示すように、一部絶縁物をコーティングした半導体素子を作成し、さらに図6(c)に示すように、残りの部分に絶縁物をコーティングした半導体素子を再生する。最後に、図6(d)に示すように、電極部分をカバーしていたマスクをリフトオフすると本実施形態の素子になる。

【0030】図6の半導体素子は作製方法を説明する略図になっており、610はサファイア基板、611は $In_x Al_y Ga_{1-x-y} N$ ($0 \leq x, y \leq 1$) からなるバッファ層、612はn型 $In_x Al_y Ga_{1-x-y} N$ ($0 \leq x, y \leq 1$) からなるコンタクト層、613はn

6

型電極、614はn型電極カバー、615はp型 $In_x Al_y Ga_{1-x-y} N$ ($0 \leq x, y \leq 1$) からなるコンタクト層、616はp型電極、617はp型電極カバー、618、619、620は絶縁膜である。電極カバーを用いることで、簡易なプロセスで作製できる。

(実施形態7) 図7は、本発明の第7の実施形態に係わる半導体発光素子を示す素子構造断面図である。

【0031】本実施形態では、サファイア基板700上に $In_x Al_y Ga_{1-x-y} N$ ($0 \leq x, y \leq 1$) からなるバッファ層701が形成され、そのバッファ層701の上に順に、 $In_x Al_y Ga_{1-x-y} N$ からなるn型コンタクト層702、 $In_x Al_y Ga_{1-x-y} N$ からなるn型クラッド層703、 $In_x Al_y Ga_{1-x-y} N$ からなる活性層704、 $In_x Al_y Ga_{1-x-y} N$ からなるp型クラッド層705、 $In_x Al_y Ga_{1-x-y} N$ からなるp型コンタクト層706が形成されている。さらに、p型コンタクト層706上にp型電極707が形成され、n型コンタクト層702の一部とサファイア基板700を包むように金属からなる保護膜(n型電極)708が形成されている。

【0032】本実施形態の発光素子においては、n型及びp型電極707、708を通して、電流が供給されたとき、p型電極707からn型電極708への電流が流れたり、活性層704が均一に発光でき、さらに活性層704での発光が、サファイア基板701を包むように形成されたn型電極708に反射され、外部に効率良く取り出すことができる。またn型電極708は、少なくとも絶縁基板側面と、その上にある半導体層に形成されていても同様の効果がある。また本実施形態では、バッファ層701の端面を電極708が保護するため、劣化が防止できる。

【0033】なお、基板はサファイアに限るものではなく、MgO、ZnO、石英ガラス等の透明性の絶縁性の材料であれば十分効果がある。さらに、n型半導体層、p型半導体層は上記実施形態に限定されず、III族、V族さらにII族、VI族の原子からなっても同様の効果がある。また、位置についても必ずしも中心にある必要はなく、偏心させることも可能である。

【0034】図8は、第7の実施形態の上面図を示している。図8において図中の番号はそれぞれ図7に対応している。基板を包む反射膜の内側に発光部と一方の電極707が形成されていれば、この形状は任意変更することができ、例えば三角形、長方形、多角形、円形、楕円形でも同様の効果がある。

【0035】図9は、第7の実施形態の素子710をマウントした断面図である。従来の絶縁性基板を使用した2本のボンディングワイヤーから1本のボンディングワイヤー711によるマウントが可能となっていた。712、713はリッド線である。さらに、従来では基板側面から出る光を反射板を設け反射させていたが、本実施

形態の素子を用いることで、反射板は必要なく、平板上へのマウントが可能になったばかりでなく、樹脂モールドによるレンズ設計もチップの大きさに関係なく設計できる様になり、低コストの素子が実現できることになった。

【0036】図10は、本実施形態における電極パターンの例を示す。電極パターンは種々変形が可能であり、本発明の効果を向上させる。数字や文字等のロゴでもよい。電極の位置は、上面から見て、反射膜となる電極の内部に他方の電極が構成されていればよい。

(実施形態8) 図11は、本発明の第8の実施形態に係わる半導体レーザの素子構造を示す斜視図である。

【0037】本実施形態では、サファイア基板800上に $\text{In}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x, x \leq 1$) からなるバッファ層801が形成され、そのバッファ層801の上に順に、 $\text{In}_{x1}\text{Al}_{1-x1}\text{Ga}_{1-x1-y1}\text{N}$ ($0 \leq x1, y1 \leq 1$) からなるn型コンタクト層802と $\text{In}_{x2}\text{Al}_{1-x2}\text{Ga}_{1-x2-y2}\text{N}$ ($0 \leq x2, y2 \leq 1$) からなるn型クラッド層803と $\text{In}_{x3}\text{Al}_{1-x3}\text{Ga}_{1-x3-y3}\text{N}$ ($0 \leq x3, y3 \leq 1$) からなる活性層804と $\text{In}_{x4}\text{Al}_{1-x4}\text{Ga}_{1-x4-y4}\text{N}$ ($0 \leq x4, y4 \leq 1$) からなるp型クラッド層805と $\text{In}_{x5}\text{Al}_{1-x5}\text{Ga}_{1-x5-y5}\text{N}$ ($0 \leq x5, y5 \leq 1$) からなるn型あるいは型電流ブロック層806と $\text{In}_{x6}\text{Al}_{1-x6}\text{Ga}_{1-x6-y6}\text{N}$ ($0 \leq x6, y6 \leq 1$) からなるp型コンタクト層807が形成されている。さらに、p型コンタクト層807上にp型電極808が形成され、n型コンタクト層802の一部とサファイア基板800を囲むように、反射膜として機能するn型電極810が形成されている。

【0038】本実施形態の半導体レーザにおいて、n型及びp型電極を通して電流が供給されたとき、電流狭窄部809を通して電流が集中して流れるため、活性層804での利得の増加が容易にでき、レーザ発振が可能になる。また、導波されない光は反射膜810を介して反射され再び利得増加に寄与するため、発振しやすい電流が少なくて済む。また、レーザ端面に高反射膜をコーティングしても本発明の効果はある。さらに、反射膜を前後、左右の全面につけても同様の効果があることは言うまでもない。

【0039】本実施形態に用いる基板は絶縁性基板ならなんでもよく、 MgO 、 ZnO 、石英ガラス等でもよい。さらに、レーザとなる半導体材料は、III-V族、II-VI族、I-III-VI族、さらに有機材料でもよく、同様の効果がある。またレーザ構造は端面反射型に限らず面発光型、端面がない構造でも十分発振することは可能である。活性層はアンドープでよく、n型、p型によることで発光効率が向上し、しきい電流が激減する。

【0040】素子の反射膜電極作製において、大量のインジウムハンダに漬け、はい上がりを利用する方法でもよい。この方法は、電極材料をペースト状にすることで

実現できる。また、真空蒸着方法として抵抗加熱による材料の形成、電子ビームを利用した蒸着等の方法がある。さらに、静電気を利用した最密な膜の形成も可能である。また、電極材料としては Mg 、 Be 、 Sb 、 Al 、 Ag 、 Sn 、 Cu 、 Ni 、 Au 、 Pd 、 Pt 、 Ti 、 Cr 、 In 、 PdSi 、 PtSi 、 RhSi 、 NiSi 、 WSi 、 TaSi_2 、 Mo 、 Zr 、銀ペースト等がよく、接着を含んだ金属でも効果は同じである。なお、本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で、種々変形して実施することができる。

【0041】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、少なくともバッファ層の端面を保護膜で保護しているのて、バッファ層を通して水分が侵入するのを防止でき、長期信頼性のある半導体装置を実現することが可能となる。また、発光素子に適用し、保護膜を金属膜とした場合は、活性層での発光を効率良く取り出すことができ、光取り出し効率を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係わる半導体発光素子を示す素子構造断面図。

【図2】第2の実施形態に係わる半導体発光素子を示す素子構造断面図。

【図3】第3の実施形態に係わるHEMTを示す素子構造断面図。

【図4】第4の実施形態に係わるMESFETを示す素子構造断面図。

【図5】第5の実施形態に係わるSOI-MOSFETを示す素子構造断面図。

【図6】第6の実施形態に係わる半導体素子の製造方法を示す工程断面図。

【図7】第7の実施形態に係わる半導体発光素子を示す素子構造断面図。

【図8】第7の実施形態の素子の上面図。

【図9】第7の実施形態の素子をマウントした状態を示す断面図。

【図10】本実施形態における電極パターンを例を示す平面図。

【図11】第8の実施形態に係わる半導体レーザの素子構造を示す斜視図。

【符号の説明】

100…サファイア基板

101… InAlGaN バッファ層

102… n-InAlGaN コンタクト層

103… n-InAlGaN クラッド層

104… InAlGaN 活性層

105… p-InAlGaN クラッド層

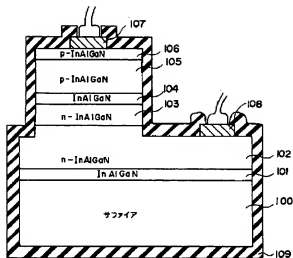
106… p-InAlGaN コンタクト層

107…p型電極

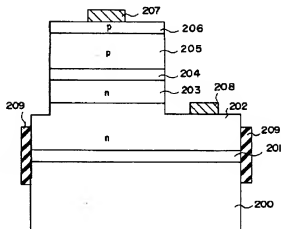
108...n型電極

109...絶縁膜

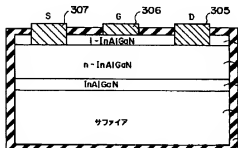
【図1】



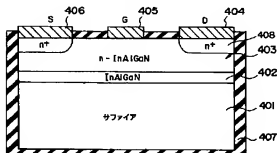
【図2】



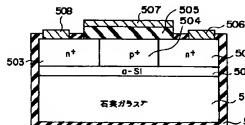
【図3】



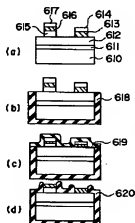
【図4】



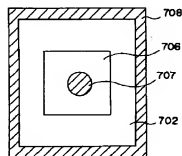
【図5】



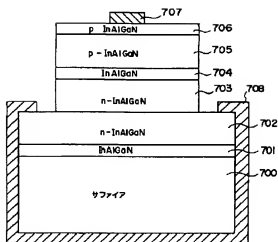
【図6】



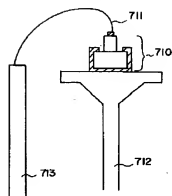
【図8】



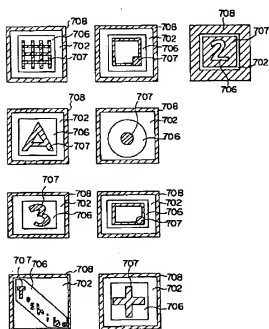
【図7】



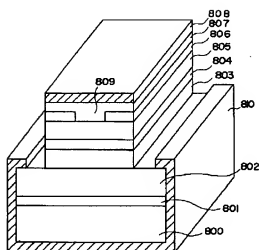
【図9】



【図10】



【図11】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-027639

(43)Date of publication of application : 28.01.1997

(51)Int.Cl.

H01L 33/00
H01S 3/18

(21)Application number : 07-176033

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 12.07.1995

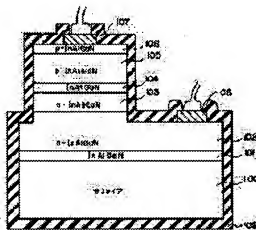
(72)Inventor : NITTA KOICHI
FUJIMOTO HIDETOSHI
ISHIKAWA MASAYUKI

(54) SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a light-emitting diode, which can prevent water from intruding into the diode through a buffer layer and the like which are in an amorphous state, and has a long-term reliability.

SOLUTION: In a light-emitting diode, a buffer layer 401 consisting of an InGIGaN material, an n-type contact layer 102, an n-type clad layer 103, an active layer 104, a p-type clad layer 105 and a p-type contact layer 106 are grown and formed in this order on a sapphire substrate 100, a P-type electrode 107 is formed on the layer 106, an N-type electrode 108 is formed on the layer 102 and an insulating film 109 is formed on the whole diode excluding one part of each of the electrodes 107 and 108.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.01.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3333356

[Date of registration] 26.07.2002

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the semiconductor device which prepared the buffer layer between the insulating substrate and the semiconducting crystal layer especially with respect to the semiconductor device constituted by carrying out the laminating of the semiconducting crystal layer on an insulating substrate.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, gallium nitride system compound semiconductors, such as GaN, InGaN, and GaAlN, attract attention as an ingredient of blue light emitting devices, such as blue LED (light emitting diode) and blue LD (laser diode).

[0003] As it is in JP,6-177434,A or JP,6-314825,A, blue LED which consists of a gallium nitride system compound semiconductor formed the insulating protective coat on n mold except an electrode, and p mold gallium nitride system compound semiconductor layer, and has prevented the short-circuit between surface electrodes.

[0004] However, also in the structure in which the insulating protective coat was formed on the front face, when shelf tests, such as elevated-temperature neglect and heat-and-high-humidity neglect, were performed, the property of a component deteriorated and the problem on which a surface electrode separates occurred.

[0005] Moreover, although the surface contact structure where silicon on sapphire was used as a translucency substrate is known for blue LED which consists of a gallium nitride system compound semiconductor, in this structure, a current does not spread in a barrier layer, but luminescence concentrates on the bottom of an up electrode, and high brightness luminescence cannot be realized. In order to solve this problem, the structure (JP,6-314825,A) which uses as the lower part the structure (JP,6-314822,A) and pn junction Men who make a upside electrode translucency, and takes out an optical output from a translucency substrate is also proposed.

[0006] However, in a translucency electrode, the thickness which serves as ohmic nature in order to pass a current to homogeneity is required, and there is no not necessarily sufficient translucency, and by such thickness, further, in order that a bonding pad part may thicken thickness further from the adhesion of bonding, light has the fault which cannot be penetrated. On the other hand, also in lower pn two-electrodes structure, although high brightness-ization is realizable, since it was surface contact structure, a current did not spread in homogeneity but it had the fault in which component resistance increases.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Thus, conventionally, also in the structure which formed the insulating protective coat on the front face in blue LED which consists of a gallium nitride system compound semiconductor, when elevated-temperature neglect and heat-and-high-humidity neglect were performed, degradation of a component property and the problem of peeling of a transparent electrode were caused. When this invention persons repeated research and various experiments wholeheartedly about this point, it was presumed for moisture to infiltrate into the interior through the buffer layer of an

amorphous condition.

[0008] It is in offering the semiconductor device which can prevent that moisture permeates through the buffer layer of an amorphous condition the place which this invention was made in consideration of the above-mentioned situation, and is made into the purpose, and is reliable in it over a long period of time.

[0009]

[Means for Solving the Problem]

(Outline) The following configurations are used for this invention in order to solve the above-mentioned technical problem. That is, this invention is characterized by coming to form a protective coat in the end face of said buffer layer at least in the semiconductor device with which laminating formation of the semi-conductor layer was carried out through the buffer layer on the insulating substrate.

[0010] This invention is set to semi-conductor luminescence equipments, such as light emitting diode.

Moreover, an insulating substrate, The buffer layer formed on this substrate, and the semi-conductor laminating section which carries out the laminating of two or more semi-conductor layers, is formed on this buffer layer, and has pn junction inside. It is characterized by coming to provide the electrode formed in contact with the predetermined semi-conductor layer of this semi-conductor laminating section, and the protective coat formed in the end face of said buffer layer at least.

[0011] Here, the following are raised as a desirable embodiment of this invention.

(1) A semi-conductor layer should consist of an $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 < x, y < 1$) ingredient.

(2) A protective coat should consist of an insulating ingredient.

(3) A protective coat should consist of a metallic material and should function as reflective film.

(Operation) According to this invention, since the protective coat is formed in the end face of a buffer layer, permeation of the moisture which lets a buffer layer pass can be prevented, and it becomes possible to realize the semiconductor device which was excellent in dependability by this over a long period of time with little aging. Furthermore, it becomes possible by protecting some electrodes to also prevent permeation of the moisture from an electrode interface.

[0012] Moreover, if the reflective film which consists of a metal in the form where a substrate is wrapped is formed, all can be taken out, without luminescence by pn junction receiving loss.

Furthermore, a current can realize breadth and high brightness-ization enough by the barrier layer by using a metal membrane as the ohmic electrode of the semi-conductor layer formed in the substrate side.

[0013]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the operation gestalt of illustration explains this invention.

(Operation gestalt 1) Drawing 1 is the component structure section Fig. showing the semi-conductor light emitting device concerning the 1st operation gestalt of this invention.

[0014] 100 in drawing -- silicon on sapphire -- it is -- this silicon-on-sapphire 100 top -- $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ -- the buffer layer 101 which consists of N ($0 < x, y < 1$) is formed. On a buffer layer 101, and in order n mold contact layer 102 which consists of $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, n mold cladding layer 103 which consists of $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, the barrier layer 104 which consists of $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, and In_x Growth formation of p mold cladding layer 105 which consists of $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$, and the p mold contact layer 106 which consists of $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ is carried out.

[0015] Moreover, p mold electrode 107 is formed on p mold contact layer 106, and n mold electrode 108 is formed on n mold contact layer 102. And the insulator layer 109 which is the description of this operation gestalt is formed in the whole except some of p mold electrodes 107 and n mold electrodes 108.

[0016] In addition, from the buffer layer 101 to the contact layer 106 was grown up continuously, using an organic metal chemical-vapor-deposition method (MOCVD law) as the manufacture approach. Then, using the mask of a predetermined pattern, selective etching was carried out until the contact layer 102 exposed from the contact layer 106 to the cladding layer 103. And the electrode 107, 108 was formed in each exposed contact layer 106, 102 by vacuum evaporation etc.

[0017] In the light emitting device of this operation gestalt, since it has protected so that an insulator layer 109 may wrap the whole, while being able to stop the moisture which permeates through a buffer

layer 101, permeation of the moisture from an electrode interface etc. can be prevented. For this reason, improvement in dependability can be aimed at over a long period of time. Moreover, surge pressure-proofing improved more than twice. Moreover, in each class, the luminescence reinforcement in a barrier layer 104 improves further by setting up the presentation ratios x_1 , y_1 , x , and y so that the band gap of cladding layers 103 and 105 may become large rather than that of a barrier layer 104.

[0018] In addition -- as the approach of creating an insulator layer -- vacuum evaporation technique, the ion plating method, the sputtering method, the beam method, a heat CVD method, a plasma-CVD method, an optical CVD method, a laser CVD method, and ECRCVD -- there are the vacuum creation approaches, such as law, an approach of dipping into a solution, and the electrostatic vacuum evaporation approach. A simple substance or plurality is sufficient as the component which protects an insulator layer, and it is created from the insulator layer formation process of 1 time or multiple times. [0019] An oxide, a nitride, carbide, a fluoride, an inorganic material, an organic material, etc. are used that what is necessary is just the ingredient in which conductivity is not shown as an ingredient of an insulator layer. For example, GeO , ZnS , TiO_2 , CeO_2 , Ta_2O_5 , ZrO_2 , SiO , Y_2O_3 , PbF_2 , MgO , aluminum O_3 , CeF_3 , LaF_3 , SiO_2 , BaF_2 , MgF_2 , NaF , and HfO_2 It is.

[0020] Moreover, even if a substrate uses ingredients, such as ZnS , GaSe , SnO_2 , CuAlS_2 , CuCl , CuAlSe_2 , In_2O_3 , and ZnO , it is [that what is necessary is just the structure of having the semiconductor layer which does not restrict to sapphire and comes to mind a buffer layer on an insulating substrate] possible. Furthermore, although considered as the light emitting device with this operation gestalt, it is not necessary to say that there is same effectiveness also by the photo detector.

(Operation gestalt 2) Drawing 2 is the component structure section Fig. showing the semi-conductor light emitting device concerning the 2nd operation gestalt of this invention. 200-209 in drawing 2 support 100-109 in drawing 1.

[0021] Although it is the same as that of the 1st operation gestalt fundamentally, with this operation gestalt, it is formed so that an insulator layer 209 may wrap not the whole but near the edge of a buffer layer 201. Component degradation was able to be suppressed also in this structure. Since the grid mismatching of the sapphire which is an insulating substrate, and the $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ layer which grows on it is large, a part of buffer layer 201 becomes amorphous [-like], crystallinity is bad and moisture etc. is easily incorporated in a light emitting device. For this reason, although rapid degradation was carried out in actuation of heat and high humidity etc., by making it the structure of this operation gestalt, degradation is suppressed and dependability came to be acquired over a long period of time.

[0022] In addition, the ingredient of the creation approach of an insulator layer or an insulator layer etc. can be suitably changed, as the 1st operation gestalt explained. Furthermore, various kinds of deformation implementation is possible like the 1st operation gestalt.

(Operation gestalt 3) Drawing 3 is the component structure section Fig. showing the very high speed device HEMT concerning the 3rd operation gestalt of this invention.

[0023] With this operation gestalt, the buffer layer 302 which consists of $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 < x < 2$, $y_2 < 1$) is formed on silicon on sapphire 301. Growth formation of the i mold cap layer 304 which becomes order from n mold conductive layer 303 and $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 < x < 1$, $y < 1$) which consist of $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 < x < 1$, $y_1 < 1$) on the buffer layer 302 is carried out. 305, 306 and 307 are a drain electrode, a gate electrode, and a source electrode, respectively. The insulator layer 308 has the structure of protecting the whole component so that a buffer layer 302 may be wrapped.

[0024] In this component, it decreased, frequency characteristics have been improved and dependability of a leak current component improved further. A substrate is not limited to sapphire and has the same effectiveness also with insulating substrates, such as ZnO and MgO .

(Operation gestalt 4) Drawing 4 is the component structure section Fig. showing MESFET concerning the 4th operation gestalt of this invention.

[0025] With this operation gestalt, the buffer layer 402 which consists of $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 < x < 2$, $y_2 < 1$) is formed on silicon on sapphire 401, and n mold barrier layer 403 which consists of $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 < x < 1$, $y < 1$) is formed on the buffer layer 402. 408 is the high carrier concentration layer created by the ion implantation etc. Furthermore, the source electrode 406, the gate electrode 405,

and the drain electrode 404 are formed on n mold barrier layer 403, and it is protected by the insulator layer 407 so that a component may be wrapped. This insulator layer 407 is also good to surround a buffer layer 402.

[0026] By making it such structure, the noise component was reduced and dependability improved. In addition, a substrate may not be limited to sapphire and ingredients, such as ZnO and MgO, are sufficient as it.

(Operation gestalt 5) Drawing 5 is the component structure section Fig. showing SOI-MOSFET concerning the 5th operation gestalt of this invention.

[0027] With this operation gestalt, the buffer layer 502 which consists of an amorphous silicon is formed on the quartz-glass substrate 501, the n-type-semiconductor field 503 and the p type semiconductor field 504 which consist of Si are formed on the buffer layer 502, and it is SiO₂ as gate dielectric film on the p type semiconductor field 504. The gate electrode 507 is formed through the film 505. Furthermore, across the p type semiconductor field 504, on the n-type-semiconductor field 503, the source electrode 508 and the drain electrode 506 are formed, and the insulator layer 509 is formed so that the whole component may be wrapped except for these electrodes. This insulator layer 509 is also good to surround a buffer layer 502.

[0028] By making it such structure, leakage current decreased, pressure-proofing also improved and dependability improved further. In addition, a substrate may not be limited to quartz glass and ingredients, such as ZnO, MgO, and sapphire, are sufficient as it. Furthermore, the semi-conductor layer on an insulating substrate is an III-VI group semi-conductor and I-III-VI₂, if it is the ingredient which can be formed on an amorphous-like buffer layer in short, without limiting to the semi-conductor of IV group, V group, or an III-V group. Even if it is a group semi-conductor, there is the same effectiveness.

(Operation gestalt 6) Drawing 6 is the process sectional view showing the manufacture approach of the semiconductor device concerning the 6th operation gestalt of this invention.

[0029] first, as shown in drawing 6 (a), the semiconductor device which covered the electrode section is created and it is further shown in drawing 6 (b) -- as -- a part -- the semiconductor device which coated the insulating material is created, and as further shown in drawing 6 (c), the semiconductor device which coated the remaining part with the insulating material is reproduced. If lift off of the mask which covered the electrode section is finally carried out as shown in drawing 6 (d), it will become the component of this operation gestalt.

[0030] The semiconductor device of drawing 6 is the schematic drawing explaining the production approach. 610 Silicon on sapphire, The buffer layer which 611 becomes from In_xAl_y1Ga_{1-x-y}1N (0 <=x, y1 <=1), The contact layer which 612 becomes from n mold In_xAl_y1Ga_{1-x-y}N (0<=x, y<=1), As for p mold electrode and 617, the contact layer which n mold electrode becomes in 613 and n mold electrode covering and 615 become from p mold In_xAl_y1Ga_{1-x-y}N (0<=x, y<=1) in 614, and 616 are [p mold electrode covering and 618,619,620] insulator layers. It is producible in a simple process using electrode covering.

(Operation gestalt 7) Drawing 7 is the component structure section Fig. showing the semi-conductor light emitting device concerning the 7th operation gestalt of this invention.

[0031] With this operation gestalt, the buffer layer 701 which consists of In_xAl_y1Ga_{1-x-y}N (0<=x, y<=1) is formed on silicon on sapphire 700. On the buffer layer 701, in order n mold contact layer 702 which consists of In_xAl_y1Ga_{1-x-y}N, n mold cladding layer 703 which consists of In_xAl_y1Ga_{1-x-y}N, the barrier layer 704 which consists of In_xAl_y1Ga_{1-x-y}1N, and In_xAl_y p mold cladding layer 705 which consists of Ga_{1-x-y}N, and p mold contact layer 706 which consists of In_xAl_y1Ga_{1-x-y}N are formed. Furthermore, p mold electrode 707 is formed on p mold contact layer 706, and the protective coat (n mold electrode) 708 which consists of a metal so that the part and silicon on sapphire 700 of n mold contact layer 702 may be wrapped is formed.

[0032] In the light emitting device of this operation gestalt, when it lets n mold and p mold electrode 707,708 pass and a current is supplied, the current from p mold electrode 707 to n mold electrode 708 spreads, a barrier layer 704 can emit light to homogeneity, further, it is reflected by n mold electrode 708 formed so that silicon on sapphire 701 might be wrapped, and luminescence by the barrier layer 704

can take out efficiently outside. Moreover, even if n mold electrode 708 is formed in the insulating-substrate side face and the semi-conductor layer on it at least, it has the same effectiveness. Moreover, with this operation gestalt, since the end face of a buffer layer 701 is protected with an electrode 708, degradation can be prevented.

[0033] In addition, a substrate is not restricted to sapphire, and if it is the insulating ingredient of the transparency of MgO, ZnO, quartz glass, etc., it is effective enough. Furthermore, it is not limited to the above-mentioned operation gestalt, but a n-type-semiconductor layer and a p type semiconductor layer are III. Even if it is a group and V group pan from the atom of II group and VI group, there is same effectiveness. Moreover, there is no need [of being not necessarily at the core also about a location] bundle, and it is also possible to carry out eccentricity.

[0034] Drawing 8 shows the plan of the 7th operation gestalt. In drawing 8, the number in drawing supports drawing 7, respectively. If one [a light-emitting part and] electrode 707 is formed inside [which wraps a substrate] the reflective film, an arbitration change of this configuration can be made, for example, it has the same effectiveness also in a triangle, a rectangle, a polygon, circular, and an ellipse form.

[0035] Drawing 9 is the sectional view which mounted the component 710 of the 7th operation gestalt. Mounting by one bonding wire 711 is possible from two bonding wires which used the conventional insulating substrate. 712,713 is lead wire. Furthermore, although the reflecting plate was formed and the light which comes out from a substrate side face was reflected in the former, by use the component of this operation gestalt, the reflecting plate could were unnecessary, the lens design by resin mold can be design now regardless of a chip size mounting of a up to [monotonous] was not only attained, but, and the component of low cost can be realize.

[0036] Drawing 10 shows the example of the electrode pattern in this operation gestalt. Various electrode patterns can deform and raise the effectiveness of this invention. LOGOs, such as a figure and an alphabetic character, are sufficient. The location of an electrode is seen from a top face and the electrode of another side should just be constituted inside the electrode used as the reflective film.

(Operation gestalt 8) Drawing 11 is the perspective view showing the component structure of the semiconductor laser concerning the 8th operation gestalt of this invention.

[0037] With this operation gestalt, the buffer layer 801 which consists of $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x, y \leq 1$) is formed on silicon on sapphire 800. On the buffer layer 801, in order n mold cladding layer 803 which consists of an n mold contact layer 802 which consists of $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x, y \leq 1$), and $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x, y \leq 1$), and $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x, y \leq 1$), and $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x, y \leq 1$) -- the barrier layer 804 which consists of $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x, y \leq 1$), and $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x, y \leq 1$) p mold cladding layer 805 which consists of $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x, y \leq 1$) -- p mold contact layer 807 which turns into n mold or i mold current block layer 806 which consists of $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x, y \leq 1$) is formed. Furthermore, p mold electrode 808 is formed on p mold contact layer 807, and n mold electrode 810 which functions as reflective film is formed so that the part and silicon on sapphire 800 of n mold contact layer 802 may be surrounded.

[0038] In the semiconductor laser of this operation gestalt, when a current is supplied through n mold and p mold electrode, in order for a current to concentrate and to flow through the current narrow segment 809, the increment in the gain in a barrier layer 804 can be performed easily, and laser oscillation becomes possible. Moreover, in order that it may be reflected through the reflective film 810 and the light by which a guided wave is not carried out may contribute to the increment in gain again, there are few oscillation threshold currents and it ends. Moreover, even if it coats a laser end face with the high reflective film, there is effectiveness of this invention. Furthermore, even if it attaches the reflective film all over right and left approximately, it is not necessary to say that there is same effectiveness.

[0039] If the substrate used for this operation gestalt is an insulating substrate, anything, it may be good and MgO, ZnO, quartz glass, etc. are sufficient as it. Furthermore, the semiconductor material used as laser is an III-V group, an II-VI group, and I-III-VI2. There are a group and effectiveness still better [an organic material] and same. Moreover, laser structure can be enough oscillated not only with an end-

face reflective mold but with structure without a surface-emitting type and an end face. Undoping is sufficient as a barrier layer, luminous efficiency improves by making it n mold and p mold, and a threshold current decreases sharply.

[0040] In reflective membrane electrode production of a component, the approach of soaking in a lot of indium pewters, crawling, and using a riser may be used. This approach is realizable by making an electrode material into the shape of a paste. Moreover, there are approaches, such as vacuum evaporation which used formation of the ingredient by resistance heating and an electron beam as the vacuum deposition approach. Furthermore, formation of the precise film using static electricity is also possible. Moreover, as an electrode material, Mg, Be, Sb, aluminum, Ag, Sn, Cu, nickel, Au, Pd, Pt, Ti, Cr, In, PdSi, PtSi, RhSi, NiSi, WSi and TaSi₂, Mo, Zr, a silver paste, etc. are good, and the effectiveness of the same is said of the metal including adhesion. In addition, this invention is not limited to each operation gestalt mentioned above, it is the range which does not deviate from the summary, and can deform variously and can be carried out.

[0041]

[Effect of the Invention] Since the end face of a buffer layer is protected by the protective coat at least according to this invention as explained in full detail above, it can prevent that moisture permeates through a buffer layer, and it becomes possible to realize the semiconductor device which is reliable over a long period of time. Moreover, when it applies to a light emitting device and a protective coat is made into a metal membrane, luminescence by the barrier layer can be taken out efficiently and optical ejection effectiveness can be raised.

[Translation done.]